

番茄砧木对南方根结线虫抗性鉴定

贾双双, 高荣广, 徐 坤

(山东农业大学园艺科学与工程学院/作物生物学国家重点实验室/农业部园艺作物生物学重点开放实验室, 山东泰安 271018)

摘要: 【目的】研究确定准确鉴定评价番茄砧木抗南方根结线虫侵染能力的方法, 筛选抗性砧木材料。【方法】通过测定 16 个盆栽番茄砧木幼苗接种南方根结线虫 50 d 时的相对生长量及相关抗病指标, 利用系统聚类分析和隶属函数运算相结合的方法进行综合分析。【结果】南方根结线虫侵染对不同番茄砧木幼苗各器官相对生长量、相关抗病指标及其变异系数的影响显著不同, 其中生长量的变异系数以相对根鲜质量较大, 为 20.20%, 相对茎粗较小, 仅 6.22%。采用相对生长量及抗病指标分别进行系统聚类的结果与利用根结指数的聚类结果一致, 但与病情指数的聚类结果存在些微差异。根据综合指标隶属函数运算, 确定了供试番茄砧木抗南方根结线虫的顺序。【结论】采用多指标综合聚类分析较单一指标聚类分析更能准确划分番茄砧木抗根结线虫的类群, 通过聚类分析和隶属函数相结合的方法, 确定 B パリア为免疫材料, BESUPA、坂砧 2 号、砧木 606、砧木 002、砧木 001、TMS-150、サポート、MIKADO、砧木 401 为抗病材料, アンカ-T 为耐病材料, 坂砧 1 号、北京 1 号为感病材料, 128、BF 兴津 101、LS-89 为高感材料。

关键词: 番茄砧木; 南方根结线虫; 相对生长量; 抗病指标; 聚类分析; 隶属函数分析

Screening and Evaluation of Tomato Rootstocks for Resistance to *Meloidogyne incognita*

JIA Shuang-shuang, GAO Rong-guang, XU Kun

(College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University/State Key Laboratory of Crop Biology/Ministry of Agriculture Key Laboratory of Horticultural Crop Biology, Tai'an 271018, Shandong)

Abstract: 【Objective】 In order to screen the resistant tomato rootstocks, the screening method and the resistance to *Meloidogyne incognita* were studied in the experiment. 【Method】 The relative growth rate and relevant disease resistant index of 16 tomato rootstock seedlings planted in pots and inoculated with *M. incognita* were measured after 50 days, moreover cluster analysis and subordinate function were used in the experiment. 【Result】 The results showed that different relative growth rates of different organs, different disease resistant indexes of 16 tomato rootstock seedlings and their different coefficient variances resulted from the infection of *M. incognita* were different, in which the coefficient variances of relative root fresh mass of five relative growth rate was 20.20%, the highest, but that of relative stem diameter was only 6.22%. The results of clustering analysis with the relative growth rate and the disease resistant index were same as GI, but be a little different from the results of clustering analysis with DI. By the method of subordinate function, the sequence of resistance from strong to weak successively was determined. 【Conclusion】 The result of cluster analysis with multiple indexes and total indexes was more accurate than other single index for the resistant class of tomato rootstocks to *M. incognita*. By the method of clustering analysis and subordinate function, Baliya is determined as an immune material; BESUPA, Banzhen No.2, Rootstock 606, Rootstock002, Rootstock001, TMS-150, SUPPORT, MIKADO, Rootstock 401 are resistant materials; Anka-T is a disease tolerant material; Banzhen No.1 and Beijing No.1 are sensitive materials; 128, BF xingjing 101, and LS-89 are highly sensitive materials.

Key words: tomato rootstock; *Meloidogyne incognita*; relative growth rate; disease resistant index; clustering analysis; subordinate function analysis

收稿日期: 2009-03-10; 接受日期: 2009-06-18

基金项目: 山东省自然科学基金资助项目 (Y2005D09)

作者简介: 贾双双 (1984—), 女, 河北石家庄人, 硕士研究生, 研究方向为蔬菜栽培生理。E-mail: superus@sdau.edu.cn。通信作者徐 坤 (1964—), 男, 山东安丘人, 教授, 研究方向为蔬菜栽培生理及遗传育种。E-mail: xukun@sdau.edu.cn

0 引言

【研究意义】番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill.)是中国设施栽培面积最大的蔬菜之一。近年来,根结线虫病已成为中国设施番茄的主要病害之一^[1-2]。生产实践中,采用抗性品种和利用抗性砧木嫁接栽培已成为甲基溴替代技术中最有效的方法^[3],但由于中国番茄砧木品种较少,生产上采用的砧木多为近年来自国外引进,其抗根结线虫能力尚不十分清楚。为此,研究番茄砧木对根结线虫抗性的鉴定评价体系,筛选抗性强的砧木材料,对于克服或减轻根结线虫对番茄的危害,以及利用抗性材料培育抗线虫番茄品种,均具有重要理论意义和实践价值。【前人研究进展】Cao等^[4]利用番茄抗性砧木与易感品种毛粉 802 嫁接,嫁接苗对根结线虫病的抗性显著增强。董道峰等^[5]研究表明,番茄抗性砧木可显著降低嫁接苗植株根际土壤中根结线虫二龄幼虫的密度,从而控制根结线虫病的发生。邓莲等^[6]研究则表明,砧木苗期与嫁接植株田间抗南方根结线虫水平并不完全一致,其原因可能与不同砧木的抗性水平及其对根结线虫不同生理小种抗性存在差异有关。关于番茄及其砧木品种抗根结线虫的鉴定,国内外已有较多报道,虽然筛选出了部分抗性品种,但各研究者采用的鉴定指标并不一致^[7-14]。如韩利芳^[9]、赵洪海^[10]、邓莲^[6,11]、蔡福民^[12]等采用根

结数、根结指数和卵块个数对供试番茄进行鉴定,刘维信等^[13]采用发病率和病情指数来鉴定番茄抗根结线虫侵染的能力。肖炎农等^[14]研究认为,切根数根瘤分级法、拔株百分数分级法、切根百分数分级法和标准法等所获番茄病情指数因分级标准不同而有差异。

【本研究切入点】番茄砧木的抗根结线虫水平高低是其能否在生产中用于防治根结线虫病的关键,但仅采用抗病指标对其抗性进行分类,会因抗病指标的划分标准不同而易出现偏差^[6,10],也不能客观评价耐病材料^[15]。为此,本试验在对接种南方根结线虫盆栽番茄幼苗生长及抗病指标测试基础上,利用多指标对番茄砧木抗南方根结线虫水平进行系统聚类分析和隶属函数分析。【拟解决的关键问题】通过采用不同指标对近年来收集的国内外 16 个番茄砧木材料抗南方根结线虫水平进行分类、鉴定与评价,探讨不同指标鉴定评价方法的差异,筛选抗性强的番茄砧木品种,为合理利用抗南方根结线虫番茄砧木资源提供参考。

1 材料与方法

1.1 番茄砧木

试验于 2007—2008 年在山东农业大学园艺实验站进行。供试番茄砧木共 16 个(表 1)。种子浸种催芽后,播种于 50 孔穴盘内,播后置日光温室内培养。幼苗长至 3~4 片真叶时,移植于直径 21 cm、高 17 cm

表 1 供试番茄砧木材料及来源

Table 1 The tomato rootstocks and resources in the experiment

编号	材料	来源	编号	材料	来源
No.	Materials	Origin	No.	Materials	Origin
1	BESUPA	日本タキイ种苗株式会社 Takii Seed Corporation (Japan)	9	坂砧 2 号	日本サカタのタネ株式会社 Banzhen No.2 Sakata Seed Corporation (Japan)
2	北京 1 号 Beijing No.1	中国(北京市种子公司提供) China (Provided by Beijing Seed Corporation)	10	砧木 401	寿光市农业局提供 Rootstock 401 Provide by Shouguang Agricultural Bureau
3	128	中国(山东省种子管理站提供) China (Provided by Shandong Seed Management Station)	11	サポート	日本サカタのタネ株式会社 Support Sakata Seed Corporation (Japan)
4	LS-89	日本(枣庄市农科所提供) Japan (Provided by Zaozhuang Institute of Agricultural Sciences)	12	アンカーT	日本タキイ种苗株式会社 Anka-T Takii Seed Corporation (Japan)
5	BF 兴津 101 BF xingjin 101	日本(枣庄市农科所提供) Japan (Provided by Zaozhuang Institute of Agricultural Sciences)	13	B バリア	日本タキイ种苗株式会社 Baliya Takii Seed Corporation (Japan)
6	砧木 001 Rootstock 001	日本(德高蔬菜研究所提供) Japan (Provided by Degao Vegetable Institute)	14	MIKADO	日本みかど協和シード株式会社 MIKADO KYOWA SEED CO., LTD. (Japan)
7	砧木 002 Rootstock 002	日本(济宁农校提供) Japan (Provided by Jining Agricultural School)	15	TMS-150	日本サカタのタネ株式会社 Sakata Seed Corporation (Japan)
8	坂砧 1 号 Banzhen No.1	日本サカタのタネ株式会社 Sakata Seed Corporation (Japan)	16	砧木 606 Rootstock 606	北京井田种苗有限公司(市购) Beijing Jingtian Seed Co., Ltd. (Purchase in market)

的塑料盆中, 每盆 1 株, 每份材料栽植 60 盆, 每 10 盆为一个处理小区, 其中 3 个小区接种南方根结线虫, 另 3 个小区为对照。盆内栽培基质(砂:土=1:2)经 160℃ 高温杀菌 2 h。

1.2 南方根结线虫的接种方法

南方根结线虫 (*Meloidogyne incognita*) 由山东农业大学蔬菜生理育种实验室提供, 先接种到用无菌土盆栽的易感品种毛粉 802 根际, 生长 50 d 后待番茄根系出现明显根瘤时, 采用刘维志^[16]的方法从番茄根部分离南方根结线虫的卵。

移栽番茄幼苗缓苗后, 同时接种南方根结线虫。接种时先在幼苗根围打孔(5 孔/盆), 按 5 000 个卵/盆将线虫卵悬浮液注入, 对照注入等量清水, 然后用土掩埋。

1.3 测定指标及计算方法

1.3.1 生长指标 番茄幼苗接种南方根结线虫 50 d 时, 每小区品种随机选取 5 株, 测定幼苗株高、茎粗、根鲜质量、茎鲜质量、叶鲜质量, 以 5 株平均值为一个处理小区的实测值, 计算幼苗相对生长量。相对生长量=处理区测定值/对照区测定值×100%。

1.3.2 抗病指标 参照毛爱军等^[17]制定的标准调查番茄幼苗发病情况, 并计算病情指数 (DI)。0 级: 植株根部无根瘤; 1 级: 植株根部形成 1~2 个根瘤; 2 级: 植株根部形成 3~10 个根瘤; 3 级: 植株根部形成 11~30 个根瘤; 4 级: 植株根部形成 31~100 个根瘤; 5 级: 植株根部形成根瘤数超过 100 个。

$DI = \sum (\text{各病级植株数} \times \text{该级数}) / (\text{调查总株数} \times \text{最重病级数值}) \times 100$

采用刘维志^[16]的方法分离单株根系虫卵, 并在解剖镜下计数; 采用 Boiteux 等^[18]的方法计算根结指数 (GI)、卵粒指数 (EI) 和线虫繁殖系数 (RF)。计算公式如下:

$$GI = \text{单株根结数} / \text{单株根鲜重}$$

$$EI = \text{单株卵粒数} / \text{单株根鲜重}$$

$$RF = \text{单株卵粒数} / \text{单株卵接种量}$$

1.3.3 隶属函数值 $X(\mu)$ 参照宋洪元等^[19]的隶属函数值计算方法。生长指标的隶属函数值 $X(\mu) = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$; 抗病指标的隶属函数值 $X(\mu) = 1 - (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$, X 为接种 50 d 时某番茄砧木幼苗某指标测定值, X_{\max} 为所有供试幼苗该指标的最大值, X_{\min} 为所有供试幼苗该指标的最小值。隶属函数值越大, 表示其抗南方根结线虫能力越强。

1.4 统计分析

采用 Excel 2003 软件进行数据处理, 计算平均值、标准差和变异系数, 采用 SAS 9.1.3 软件的类平均法进行聚类分析, 聚类分析采用对原始数据进行标准化后, 经欧氏距离法计算样本间距离, 用类平均法聚类。

2 结果与分析

2.1 番茄砧木幼苗对南方根结线虫侵染的反应

表 2 显示, 接种南方根结线虫 50 d 时, 除 B パリア外, 番茄砧木幼苗的株高、茎粗及根、茎、叶鲜质量均降低, 表明南方根结线虫侵染显著影响了幼苗的生长, 但由于各生长指标降低的幅度并不一致, 说明南方根结线虫侵染对番茄砧木幼苗不同器官的抑制程度存在差异。通过计算不同生长指标的变异系数发现, 以根鲜质量变异系数较大, 为 20.20%, 茎粗变异系数较小, 仅 6.22%, 说明南方根结线虫侵染对幼苗根系的影响较大, 而对茎粗的影响较小。

表 2 还显示, 不同番茄砧木幼苗的根结指数 (GI)、卵粒指数 (EI)、繁殖系数 (RF) 和病情指数 (DI) 也存在显著差异, 且其变化也不一致, 表明根据单一指标对幼苗抗病性进行分类的结果会存在一定差异。由于 B パリア 的 4 项抗病指标均为 0, 说明其对南方根结线虫达免疫水平, 而坂砧 1 号、北京 1 号、BF 兴津 101、128 和 LS-89 的 4 项抗病指标均较高, 表明其对南方根结线虫抗性较弱。

2.2 番茄砧木幼苗对南方根结线虫抗性的聚类分析

采用 SAS 9.1.3 软件, 以 DI 为统计参数, 对供试番茄砧木幼苗抗南方根结线虫水平利用类平均法进行聚类分析, 结果 (图 A) 表明, 当阈值为 0.62 (SPRSQ=0.04) 时, 可将供试番茄砧木分为抗病、感病和高感 3 类, 其中 BESUPA、坂砧 2 号、砧木 606、砧木 002、砧木 001、TMS-150、サボ-ト、MIKADO、砧木 401、B パリア 为抗病材料, 坂砧 1 号、アンカ-T 为感病材料, 北京 1 号、128、BF 兴津 101、LS-89 为高感材料。

图 B 显示, 根据 GI 进行聚类分析阈值 0.53, (SPRSQ=0.03) 时, 虽然也将供试材料分为 3 类, 但结果有所不同, 其中将 DI 判为高感材料的北京 1 号归为感病材料, 将感病材料 アンカ-T 归为抗病材料, 其它材料的判定结果一致。由于 GI 的变异系数显著大于 DI, 采用其进行聚类分析的结果理论上应更准确。为了进一步验证分别以 DI 和 GI 判定结果的可靠性, 采用相同聚类方法, 分别以相对生长量和 4 个抗病指标进行聚类分析的结果相同 (图 C、D), 且与

表 2 南方根结线虫对番茄砧木幼苗的影响

Table 2 Effects of *M. incognita* on the tomato rootstock seedlings

编号 No.	材料 Materials	相对生长量 /% Relative growth rate					抗病指标 Disease resistance indexes			
		株高 Plant height	茎粗 Stem diameter	根鲜质量 Root FM	茎鲜质量 Stem FM	叶鲜质量 Leaf FM	根结指数 GI	卵粒指数 EI	繁殖系数 RF	病情指数 DI
1	Besupa	90.5±1.0	94.7±0.9	93.9±2.0	93.4±1.5	97.1±2.2	0.8±0.2	91±1	0.4±0.1	20.6±1.2
2	北京 1 号 Beijing No.1	67.5±6.5	80.2±4.4	78.4±6.0	85.1±4.8	81.3±2.7	10.7±1.6	1133±131	3.5±0.4	86.6±2.0
3	128	65.9±3.5	81.8±1.2	56.9±2.4	61.3±1.1	67.3±6.1	32.0±1.9	2168±145	5.2±0.2	97.2±1.5
4	LS-89	58.7±4.5	93.6±1.8	41.5±1.8	66.5±2.0	60.8±3.9	23.3±2.4	3286±148	6.3±0.2	98.3±2.1
5	BF 兴津 101 BF xingjin 101	76.0±2.7	83.7±3.4	61.8±7.9	50.5±6.4	67.0±9.0	33.8±2.9	2475±108	4.5±0.3	96.7±1.8
6	砧木 001 Rootstock 001	94.9±2.6	91.5±2.0	93.9±1.1	92.9±1.1	90.7±3.1	1.2±0.3	368±33	0.7±0.1	31.1±1.2
7	砧木 002 Rootstock 002	92.5±1.0	91.1±0.9	87.7±2.0	96.3±1.0	91.5±6.7	0.3±0.1	215±27	0.2±0.1	16.5±1.7
8	坂砧 1 号 Banzhen No.1	75.4±5.6	89.1±7.4	72.1±4.2	85.1±4.4	84.0±2.9	8.4±0.8	699±91	2.5±0.6	70.67±2.0
9	坂砧 2 号 Banzhen No.2	96.9±1.6	99.0±1.8	95.6±1.1	98.1±0.5	97.7±2.6	0.3±0.1	156±27	0.2±0.0	20.3±1.6
10	砧木 401 Rootstock 401	96.6±2.1	94.3±1.5	91.1±1.0	92.7±1.4	93.6±3.4	1.2±0.1	197±44	1.2±0.2	41.2±3.0
11	サポート Support	87.1±1.6	93.4±1.0	94.8±1.9	89.2±2.4	89.8±2.4	1.1±0.2	337±54	0.5±0.1	30.2±1.5
12	アンカー-T Anka-T	93.2±1.0	94.4±1.8	92.7±1.1	93.6±2.2	93.0±2.5	1.9±0.2	188±37	0.6±0.1	51.4±1.4
13	B バリア Baliva	99.9±1.5	99.7±2.2	99.9±0.4	99.9±1.8	99.9±1.3	0	0	0	0
14	MIKADO	93.5±1.9	97.7±1.5	91.7±1.3	85.3±4.3	91.5±7.7	1.9±0.3	314±32	0.4±0.1	34±2.7
15	TMS-150	92.1±0.8	90.2±1.4	93.6±1.2	91.5±2.5	90.3±5.6	1.1±0.2	189±36	0.3±0.1	31.2±1.4
16	砧木 606 Rootstock 606	94.5±0.2	92.8±0.6	92.9±1.2	90.6±0.9	91.3±2.1	0.4±0.1	254±47	0.3±0.1	21.8±1.6
变异系数 /% CV		14.99	6.22	20.20	16.40	13.55	157.40	132.08	123.64	69.72

表中数据为 3 次重复的平均值±标准偏差, 下同 Data in the table were means ±SD of three repetitions. The same as below

GI 的判定结果一致。因生长势是反映植株抗、感病反应的直观指标, 据其聚类判定的结果与 GI 一致, 表明采用 GI 聚类判定的结果较 DI 更可靠。

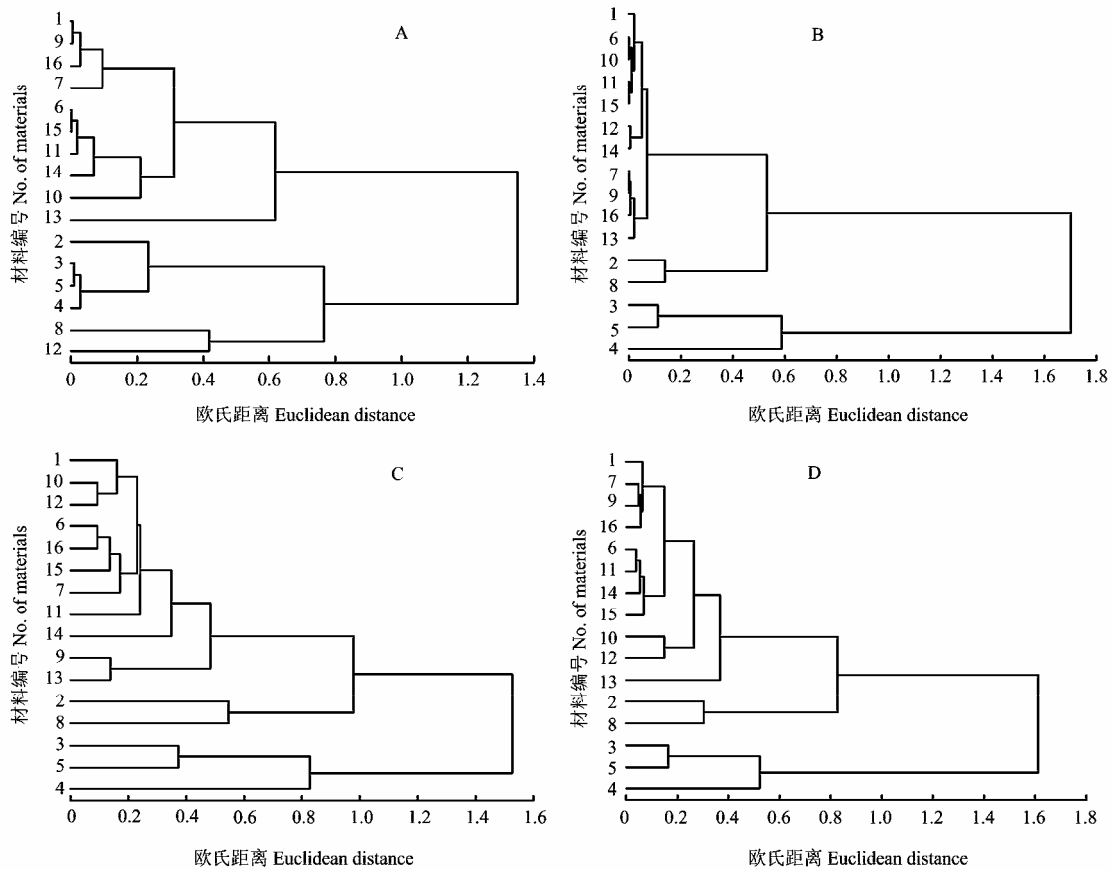
2.3 番茄砧木幼苗对南方根结线虫抗性的隶属函数分析

根据南方根结线虫对不同番茄砧木幼苗相对生长量及抗病指标的隶属函数总值(表 3), 可将供试番茄砧木抗南方根结线虫能力进行排序。表 3 显示, B バリア的隶属函数总值最高, 达 9.00, 表明其对南方根结线虫的抗性最强, 其它材料抗南方根结线虫的能力依次为: 坂砧 2 号、BESUPA、砧木 606、砧木 002、MIKADO、砧木 401、砧木 001、アンカー-T、TMS-150、サポート、坂砧 1 号、北京 1 号、BF 兴津 101、128、LS-89。

3 讨论

前人关于番茄栽培品种及砧木抗根结线虫能力的

鉴定报道较多, 但多采用根结数、根结指数、卵块个数、发病率和病情指数等指标中的部分指标直接对供试材料进行抗病性判定^[6-14]。由于南方根结线虫侵染对植株不同器官生长及抗病指标的影响并不一致^[15,20], 采用单一指标对其抗性鉴定的结果势必存在一定差异, 且由于不同研究者判定抗、感病水平采用的标准不一致^[6-14], 得出的结论难以相互比较。聚类分析是根据一些能客观反映研究对象之间亲疏关系的统计量, 按距离相近或性质相似的原则进行分类, 无需划分标准, 排出了人为确定标准不一致造成的干扰, 该方法已较多的应用于植物抗性材料的筛选研究^[21-23]。本试验结果表明, 虽然采用不同参数进行聚类分析, 均将供试材料分为抗病、中感和高感 3 类, 但以根结指数的判断结果较病情指数更可靠。这与前人在葡萄^[22]、茄子^[15]上的研究结果一致。由于聚类过程中的 SPRSQ 为半偏 R^2 , 可以用来判别一次合并的效果, 该值越小, 说明合并的效果越好, 因此, 用根结指数



1~16: 材料编号见表 1。A: DI; B: GI; C: 相对生长量; D: 抗病指标
 1-16: No. of materials was the same as Table 1. A: DI; B: GI; C: Relative growth rate; D: Disease resistance index

图 番茄砧木幼苗抗南方根结线虫能力聚类分析

Fig. Clustering analysis of resistance to *M. incognita* of tomato rootstock seedlings

表 3 南方根结线虫对番茄砧木幼苗相关指标隶属函数值的影响

Table 3 Effects of *M. incognita* on the subordinate function values of indexes of tomato rootstock seedlings

编号 No.	材料 Materials	指标隶属函数值 The function value of indexes										名次 Order
		PH	SD	RFM	SFM	LFM	GI	EI	RF	DI	Sum	
1	Besupa	0.77	0.74	0.90	0.87	0.94	0.98	0.97	0.94	0.79	7.89	3
2	北京 1 号 Beijing 1	0.21	0.00	0.63	0.70	0.62	0.68	0.66	0.44	0.12	4.07	13
3	128	0.17	0.08	0.26	0.22	0.34	0.05	0.34	0.18	0.01	1.67	15
4	LS-89	0.00	0.69	0.00	0.32	0.21	0.31	0.00	0.00	0.00	1.53	16
5	BF 兴津 101 BF xingjin 101	0.42	0.18	0.35	0.00	0.33	0.00	0.25	0.29	0.02	1.83	14
6	砧木 001 Rootstock 001	0.88	0.58	0.90	0.86	0.81	0.96	0.89	0.90	0.68	7.45	8
7	砧木 002 Rootstock 002	0.82	0.56	0.79	0.93	0.83	0.99	0.93	0.97	0.83	7.65	5
8	坂砧 1 号 Banzhen No.1	0.40	0.46	0.52	0.70	0.68	0.75	0.79	0.61	0.28	5.19	12
9	坂砧 2 号 Banzhen 2	0.92	0.97	0.93	0.96	0.95	0.99	0.95	0.98	0.79	8.45	2
10	砧木 401 Rootstock 401	0.92	0.72	0.85	0.85	0.87	0.96	0.94	0.81	0.58	7.51	7
11	サポート Support	0.69	0.68	0.91	0.78	0.79	0.97	0.90	0.93	0.69	7.34	11
12	アンカー-T Anka-T	0.84	0.73	0.88	0.87	0.86	0.94	0.94	0.90	0.48	7.44	9
13	B バリア Baliva	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	9.00	1
14	MIKADO	0.84	0.90	0.86	0.70	0.83	0.94	0.90	0.94	0.65	7.57	6
15	TMS-150	0.81	0.51	0.89	0.83	0.81	0.97	0.94	0.95	0.68	7.39	10
16	砧木 606 Rootstock 606	0.87	0.65	0.88	0.81	0.82	0.99	0.92	0.95	0.78	7.66	4

(SPRSQ=0.03) 进行聚类分析时较病情指数 (SPRSQ=0.04) 得到的结果更准确。虽然根据病情指数将アンカ-T 判定为感病材料 (图 1-A), 而根据相对生长量则将其判定为抗病材料 (图 1-C), 这表明其感病后对生长势的影响较小 (表 2), 因此, 该材料应为耐病材料。

聚类分析虽然可将供试材料分成类群, 但无法判定品种间抗性大小的顺序。隶属函数是根据所有供试材料的测定指标进行无量纲运算后得到的数值, 其所有指标的隶属函数总和, 可反映该材料在所有供试材料中的地位, 但其不能将供试材料分类^[24-27]。因此, 对供试材料的准确鉴定, 应采用两种方法结合进行。

4 结 论

不同番茄砧木幼苗在遭受南方根结线虫侵染后, 其相对生长量及相关抗病指标的变化趋势不一致, 难以用单一的鉴定指标对其抗病性进行准确的评价。本试验采用多种指标和方法, 确定 B パリア 为免疫材料, BESUPA、坂砧 2 号、砧木 606、砧木 002、砧木 001、TMS-150、サポート、MIKADO、砧木 401 为抗病材料, アンカ-T 为耐病材料, 坂砧 1 号、北京 1 号为感病材料, 128、BF 兴津 101、LS-89 为高感材料。

References

- [1] 李红双, 李景富, 许向阳. 番茄抗根结线虫病基因的 RAPD 和 SCAR 标记. 植物病理学报, 2006, 36(2): 185-188.
Li H S, Li J F, Xu X Y. Identification of RAPD and SCAR markers linked to root-knot nematode resistant genes in tomato. *Acta Phytopathologica Sinica*, 2006, 36(2): 185-188. (in Chinese)
- [2] 李君明, 宋 燕, 徐和金, 周永健, Carole Carabta, 冯兰香. 利用 PCR 技术同时鉴定番茄抗根结线虫和抗斑萎病毒基因. 园艺学报, 2003, 30(6): 678-682.
Li J M, Song Y, Xu H J, Zhou Y J, Carole Carabta, Feng L X. Simultaneous identification of multi-genes with resistance respectively to root-knot nematode and TSWV by PCR markers in tomato. *Acta Horticulture Sinica*, 2003, 30(6): 678-682. (in Chinese)
- [3] Giannakou I O, Anastasiadis I. Evaluation of chemical strategies as alternatives to methyl bromide for the control of root-knot nematodes in greenhouse cultivated crops. *Crop Protection*, 2005, 24: 499-506.
- [4] Cao Z P, Yu Y L, Chen G K, Dawson R. Impact of soil fumigation practices on soil nematodes and microbial biomass. *Pedosphere*, 2004, 14(3): 387-393.
- [5] 董道峰, 曹志平, 胡 菊. 番茄抗性砧木对土壤根结线虫二龄幼虫和自由生活线虫的影响. 中国生态农业学报, 2008, 16 (2): 436-440.
Dong D F, Cao Z P, Hu J. Effect of tomato resistant rootstock on soil root-knot nematode second-stage juveniles (J2) and free-living nematode. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2008, 16(2): 436-440. (in Chinese)
- [6] 邓 莲, 赵灵芝, 刘丽英, 任华中. 抗南方根结线虫不同番茄砧木田间综合评价. 中国蔬菜, 2007(6): 13-16.
Deng L, Zhao L Z, Liu L Y, Ren H Z. Effects of different rootstocks with resistance to root-knot nematode on growth, quality and yield of tomato in greenhouse. *China Vegetables*, 2007(6): 13-16. (in Chinese)
- [7] Jacquet M, Bongiovanni M, Martinez M, Wajnberg P, Castagnone-Sereno P. Variation in resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in tomato genotypes bearing the *Mi* gene. *Plant Pathology*, 2005, 54: 93-99.
- [8] Pyrowolakis A, Westphal A, Sikora R A, Becker J O. Identification of root-knot nematode suppressive soils. *Applied Soil Ecology*, 2002, 19: 51-56.
- [9] 韩利芳, 曹志平, 董道峰, 王秀徽. 番茄砧木及品种对南方根结线虫的抗性鉴定. 园艺学报, 2006, 33(5): 1099-1102.
Han L F, Cao Z P, Dong D F, Wang X H. Resistance evaluation of tomato rootstocks and cultivars (*Lycopersicon esculentum*) to southern root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*). *Acta Horticulture Sinica*, 2006, 33(5): 1099-1102. (in Chinese)
- [10] 赵洪海, 武 侠, 迟晓红. 不同番茄品种对根结线虫的感染性测定简报. 莱阳农学院学报, 2004, 21(2): 180-181.
Zhao H H, Wu X, Chi X H. Infective briefing on *Meloidogyne incognita* of different tomato cultivars. *Journal of Laiyang Agriculture College*, 2004, 21(2): 180-181. (in Chinese)
- [11] 邓 莲, 刘丽英, 任华中. 不同番茄砧木抗根结线虫苗期生长特性及抗性比较. 长江蔬菜, 2006, (11): 39-40.
Deng L, Liu L Y, Ren H Z. Comparing on growth-character and disease-resistance on *Meloidogyne incognita* of different tomato rootstocks. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2006, (11): 39-40. (in Chinese)
- [12] 蔡福民, 张 原. 番茄根结线虫病抗性鉴定及抗丰品种筛选. 长江蔬菜, 2000, 2: 48-51.
Cai F M, Zhang Y. Screening on *Meloidogyne incognita* and high-yielding of tomato cultivars. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2000, 2: 48-51. (in Chinese)
- [13] 刘维信, 曲士松, 王秀峰, 孟凡成. 番茄根结线虫抗原材料的筛选. 山东农业科学, 2000, (1): 39.
Liu W X, Qu S S, Wang X F, Meng F C. Screening on *Meloidogyne incognita* of tomato. *Shandong Agricultural Sciences*, 2000 (1): 39. (in Chinese)

- Chinese)
- [14] 肖炎农, 王明祖, 付艳平, 曾凡涛. 蔬菜根结线虫病病情分级方法比较. 华中农业大学学报, 2000, 19(4): 336-338.
Xiao Y N, Wang M Z, Fu Y P, Zeng F T. Comparison of different methods to estimate root-knot nematode disease grade. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2000, 19(4): 336-338. (in Chinese)
- [15] 徐小明, 徐 坤, 于 芹, 张晓艳. 茄子砧木对南方根结线虫抗性的鉴定与评价. 园艺学报, 2008, 35(10): 1761-1765.
Xu X M, Xu K, Yu Q, Zhang X Y. Screening and evaluation of eggplant rootstock for resistance to *Meloidogyne incognita*. *Acta Horticulturae Sinica*, 2008, 35(10): 1761-1765. (in Chinese)
- [16] 刘维志. 植物病原线虫学. 北京: 中国农业出版社, 2000.
Liu W Z. *Plant Pathogeny Nematode*. Beijing: China Agricultural Press, 2000. (in Chinese)
- [17] 毛爱军, 柴 敏, 于拴仓, 姜立纲, 沈国印. 番茄抗根结线虫接种鉴定技术及其应用. 西北农业学报, 2005, 14(4): 140-144.
Mao A J, Chai M, Yu S C, Jiang L G, Shen G Y. Technique of identification for resistance to root-knot nematode in tomato and its application. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2005, 14(4): 140-144. (in Chinese)
- [18] Boiteux L S, Charchar J M. Genetic resistance to root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) in eggplant (*Solanum melongena*). *Plant Breeding*, 1996, (3): 198-200.
- [19] 宋洪元, 雷建军, 李成琼. 植物热胁迫反应及抗热性鉴定与评价. 中国蔬菜, 1998, (1): 48-50.
Song H Y, Lei J J, Li C Q. Response of plant heat stress and the appraisal and evaluation of heat tolerance. *China Vegetables*, 1998, (1): 48-50. (in Chinese)
- [20] 郭衍银, 王秀峰, 徐 坤, 朱艳红, 郑永强. 南方根结线虫对生姜生长及内源激素的影响. 植物病理学报, 2004, 34(1): 49-54.
Guo Y Y, Wang X F, Xu K, Zhu Y H, Zheng Y Q. Effects of *Meloidogyne incognita* on the growth and intrinsic hormones of ginger. *Acta Phytopathologica Sinica*, 2004, 34(1): 49-54. (in Chinese)
- [21] 桂连友, 孟国玲, 龚信文, 熊三浩. 茄子品种(系)对侧多食跗线螨抗性聚类分析. 中国农业科学, 2001, 34(5): 465-468.
Gui L Y, Meng G L, Gong X W, Xiong S H. The cluster analysis of resistantance to *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) for eggplant varieties. *Scientia Agricultura Sinica*, 2001, 34(5): 465-468. (in Chinese)
- [22] 翟 衡, 管雪强, 赵春芝, 杜方岭. 中国葡萄抗南方根结线虫野生资源的筛选. 园艺学报, 2000, 27(1): 27-31.
Zhai H, Guan X Q, Zhao C Z, Du F L. Screening of Chinese grape species resistant to *M. incognita*. *Acta Horticulturae Sinica*, 2000, 27(1): 27-31. (in Chinese)
- [23] 郝玉金, 翟 衡, 王寿华, 潘增光. 抗南京毛刺线虫苹果砧木的筛选. 园艺学报, 1998, 25(1): 1-5.
Hao Y J, Zhai H, Wang S H, Pan Z G. Resistant screening of apple rootstocks to trichodorus nanjingensis. *Acta Horticulturae Sinica*, 1998, 25(1): 1-5. (in Chinese)
- [24] 苏 华, 徐 坤, 刘 伟, 徐立功. 不同大葱品种耐寒性鉴定与越冬栽培效果. 应用生态学报, 2006, 17(10): 1889-1893.
Su H, Xu K, Liu W, Xu L G. Cold tolerance and wintering cultivation effect of different Welsh onion varieties. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(10): 1889-1893. (in Chinese)
- [25] 张文娥, 王 飞, 潘学军. 应用隶属函数法综合评价葡萄种间抗寒性. 果树学报, 2007, 24(6): 849-853.
Zhang W E, Wang F, Pan X J. Comprehensive evaluation on cold hardiness of vitis species by subordinate function (SF). *Journal of Fruit Science*, 2007, 24(6): 849-853. (in Chinese)
- [26] 高青海, 徐 坤, 高辉远, 吴 燕. 不同茄子砧木幼苗抗冷性的筛选. 中国农业科学, 2005, 38(5): 1005-1010.
Gao Q H, Xu K, Gao H Y, Wu Y. Screening on chilling tolerance of different eggplant rootstock seedlings. *Scientia Agricultura Sinica*, 2005, 38(5): 1005-1010. (in Chinese)
- [27] 冯玉龙, 姜淑梅. 番茄对高根温引起的叶片水分胁迫的适应. 生态学报, 2001, 21(5): 747-751.
Feng Y L, Jiang S M. The adapt ion to leaf water stress caused by high root temperature in tomato. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(5): 747-751. (in Chinese)

(责任编辑 曲来娥)